



Review af litteratur om økonomiske effekter af havvandsstigninger for byer

Schou, Jesper Sølvér; Lautrup, Marie; Callesen, Gustav Esmann

Publication date:
2019

Document version
Også kaldet Forlagets PDF

Citation for published version (APA):
Schou, J. S., Lautrup, M., & Callesen, G. E. (2019). *Review af litteratur om økonomiske effekter af havvandsstigninger for byer*. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport Nr. 291

IFRO Rapport



Review af litteratur om økonomiske effekter af havvandsstigninger for byer

*Jesper Sølvér Schou
Marie Lautrup
Gustav Esmann Callesen*

IFRO Rapport 291

Review af litteratur om økonomiske effekter af havvandsstigninger for byer

Forfattere: Jesper Sølvér Schou, Marie Laurup og Gustav Esmann Callesen

Udgivet oktober 2019

ISBN: 978-87-93768-15-4

Rapporten er finansieret af Realdania og udarbejdet i forbindelse med kampagnen 'Byerne og det stigende havvand'.

Se hele rapportserien på http://www.ifro.ku.dk/publikationer/ifro_serier/rapporter/

Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi

Københavns Universitet

Rolighedsvej 25

1958 Frederiksberg C

www.ifro.ku.dk

Indhold

Overordnede økonomiske pointer	1
Indledning.....	2
Principper for økonomiske analyser	2
Metode for litteraturreviewet.....	4
Hovedtemaer og udvalgte resultater fra forskningslitteraturen.....	5
Ikke-videnskabelige danske studier.....	8
Referencer – international forskning	10
Referencer – danske ”grå” studier	12

Overordnede økonomiske pointer

- ✓ Et økonomisk beslutningsgrundlag bør omfatte analyser af både samfundsøkonomiske, budgetøkonomiske og finansielle effekter.
- ✓ Samfundsøkonomiske analyser er velegnede til at belyse trade-offs ved forskellige indsatser og scenarier i form af både omkostninger og gevinster (cost-benefit-analyser).
- ✓ Det er vigtigt også at belyse afledte effekter på andre politikområder.
- ✓ Effekter på lokalt/kommunalt niveau kan med fordel belyses ved scenarieanalyser.
- ✓ Det er vigtigt at opstille flere realistiske scenarier for at udspænde mulighedsrummet.
- ✓ Det er vigtigt at udføre følsomhedsanalyser på de centrale effekter, herunder omkostninger, gevinster samt tidshorisont og diskonteringsfaktor (i projekter, hvor udgifter og effekter faldet med stor tidsmæssig spændvidde).
- ✓ Resultater fra forskningslitteraturen viser, at der generelt anvendes meget forskelligartede metoder, men i de mere omfattende økonomiske analyser er anvendelsen af CGE-modeller interessant. Der savnes dog et sådant studie for Danmark.
- ✓ Gennemgang af den danske ”grå” litteratur viser, at økonomiske analyser i ganske forskellig form indgår i kommunernes beslutningsgrundlag. Anvendelse af forskellige metoder fører til uensartede prioriteringer og manglende mulighed for sammenligning på tværs af kommuner.

Indledning

Dette litteraturreview er gennemført med henblik på at foretage en screening af litteraturen vedrørende økonomiske effekter af havvandsstigninger for byer. Reviewet skal bidrage til en baselinerapport udarbejdet af seks forskere/forskningsmiljøer¹ til Realdanias Vidensnetværk om Byer og Havvand.² Opdraget er, at notatet skal omfatte både international og dansk forskningsbaseret viden, såkaldt "grå" litteratur og om muligt internationale og danske eksempler. Det skal indeholde overvejelser om relevante temaer, problemer, dilemmaer, forskningsspørgsmål inden for feltet og af særlig relevans for eksempel kommunale planlæggere.³

Principper for økonomiske analyser

Den økonomiske metode handler grundlæggende om at beskrive menneskelig adfærd, og hvordan mennesker træffer valg med knappe ressourcer. Eller sagt på anden måde: hvordan forbrugere og virksomheder anvender deres knappe ressourcer bedst muligt. I praktisk konsekvensanalyse vil dette typisk sigte mod at besvare spørgsmålet om, hvordan virksomhedernes profit og forbrugernes nytte påvirkes ved ændret tilgang til ressourcer og/eller ændrede priser på samme. I dette afsnit gives en introduktion til principperne bag samfundsøkonomisk analyse, idet der henvises til Møller et al. (2009) for en dansk gennemgang af teorigrundlaget.

I praktisk anvendelse er formålet med samfundsøkonomisk analyse at give et konsistent kvantitativt grundlag for at sammenligne forskellige resourceallokeringer i samfundet. Analyserne kan både have et deskriptivt og et normativt sigte. Den deskriptive analyse retter sig først og fremmest mod at beskrive og kvantificere de økonomiske aktiviteter betydning for samfundets forbrugsmuligheder bredt forstået, idet forbrugsmulighederne både omfatter traditionelle forbrugsgoder og natur-, kultur-, og miljøgoder.⁴ Resultaterne herfra kan indgå i sammenlignende analyser af forskellige tiltag og reguleringsstrategiers økonomiske effekter. De normative analyser sigter mod at opgøre de velfærdsmæssige nettogevinster ved mulige resourceallokeringer – eksempelvis foranlediget af politiske tiltag – gennem cost-benefit-analyse eller ved at sammenligne forskellige former for tiltag, som fører til opfyldelse af et givet mål, gennem såkaldt omkostningseffektivitetsanalyse. De normative analyser giver således en evaluering af, hvad der er "bedst" vurderet ud fra præcist formulerede kriterier.

Økonomiske konsekvenser kan belyses ved både en budget- og velfærdsøkonomisk tilgang. Målet med velfærdsøkonomisk analyse er at vurdere, hvorledes samfundets samlede velstand påvirkes eksempelvis ved konkret specificerede scenarier for ændret resourceanvendelse. Velfærden i samfundet antages at afhænge af forbrugsmulighederne, og disse afhænger af, hvorledes samfundets knappe produktionsfaktorer (for eksempel arbejdskraft, kapital og jord) bliver benyttet. Enhver reallokering af disse

¹ Netværket er tværfagligt sammensat og består af forskere fra henholdsvis Københavns Universitet, Danmarks Tekniske Universitet og Aarhus Arkitektskole: Professor Gertrud Jørgensen (i byplanlægning og urban design, koordinator), professor Karsten Arnbjerg (klimaændringer og vandinfrastruktur), professor Tom Nielsen (by- og landskabsplanlægning), professor Helle Tegner Anker (miljø- og planjura), lektor Jesper Sølvér Schou (økonomi) og postdoc Kristoffer Albris (antropologi).

² Nærværende arbejde er finansieret af Realdania.

³ Der rettes en tak til redaktionsgruppen for Byer og Havvand for kommentarer til et udkast til notatet. Analysens indhold er alene forfatterens ansvar.

⁴ For en introduktion til værdisætning af ikke-markedsomsatte goder se Schou et al. (2018).

faktorer – for eksempel gennem en ændret arealdisponering – påvirker forbrugsmulighederne og dermed velfærden. Den marginale velfærds-mæssige værdi af de forskellige forbrugsgoder antages at blive udtrykt gennem befolkningens relative betalingsvillighed for goderne, dvs. gennem disses priser. Det er derfor, de velfærdsøkonomiske effekter kan udtrykkes i kroner og ører. Velfærdsøkonomiske analyser omfatter ud over ændringen i værdien af markedsomsatte forbrugsgoder også ikke-markedsomsatte goder såsom for eksempel natur-, kultur-, og miljøgoder. Budgetøkonomiske analyser har til formål at kvantificere konsekvenserne for de berørte virksomheder og forbrugere. Den budgetøkonomiske analyse omfatter alene effekterne på markedsomsatte goder – herunder finansielle overførsler – og kan tillige omfatte effekter for stat og kommuner. Dermed bidrager de budgetøkonomiske analyser også med belysning af fordelingsmæssige effekter; se boks 1 for en oversigt over typer af økonomiske opgørelser.

I økonomiske analyser af mindre projekter ligger typisk den implicitte antagelse til grund, at alle øvrige forhold i økonomien kan ses som uændrede ("alt andet lige-betragtningen"). Dette er en rimelig antagelse, såfremt der er tale om mindre projekter, som ikke påvirker eksempelvis prisen på de betragtede goder eller på anden vis medfører strukturelle skift i økonomien. Men for større projekter eller større re-allokering af samfundets ressourcer er dette ikke nødvendigvis en rimelig antagelse, og man taler i den forbindelse om strukturelle skift. For at afdække denne type effekter kan to tilgange anvendes. Mest simpelt kan der udføres følsomhedsanalyser af de centrale antagelser eller alternativt kan økonomiske modelanalyser bringes i anvendelse. Blandt økonomiske modeller skelnes mellem partielle og generelle ligevægtsmodeller, men fælles for begge er, at de giver en formaliseret empirisk beskrivelse af de økonomiske interaktioner og belyser den ressourceallokering, som maksimerer velfærden givet de forudsatte priser i økonomien. Hvor en partiel ligevægtsmodel kun fokuserer på et udsnit af eksempelvis den danske økonomi (afgrænset til en sektor eller et geografisk område), giver de generelle ligevægtsmodeller⁵ et samlet billede af økonomien. Typisk vil de partielle ligevægtsmodeller være mere detaljerede, men til gengæld også have en afgrænset tematisk udsagnskraft, mens de generelle ligevægtsmodeller vil være mere aggregerede, men til gengæld have en mere dækkende udsagnskraft.

Boks 1. Tre typer af økonomiske analyser

Samfundsøkonomisk (CBA): Belyser den samlede effekt på samfundets velfærd, dvs. om projektet eller politikindgrebet samlet giver et samfundsøkonomisk overskud.

Budgetøkonomisk: Hvem vinder, hvem taber, og hvad er investeringsomfanget?

Fiskal: Belyser, hvordan de nødvendige investeringer kan finansieres, herunder om der er det likviditetsmæssige råderum, eller om der skal anvendes andre finansieringsformer som lånefinansiering, brugerfinansiering, private/public-partnerskaber.

I det næste afsnit præsenteres metoden for review af den økonomiske litteratur vedrørende effekter og tilpasning ved havvandsstigninger, hvorefter der følger en gennemgang af de fundne temaer og resultater.

⁵ Kaldes også CGE-modeller: Computable General Equilibrium-modeller

Metode for litteraturreviewet

Litteraturreviewet er udført således, at der indledningsvis er udført en række søgninger som beskrevet i boks 2 herunder. Med udgangspunkt heri er foretaget en udvælgelse af de nyeste samt umiddelbart mest interessante artikler. Derefter er identificeret en delmængde af artiklerne, som vurderes interessante grundet resultater eller metode, og der er foretaget en videre søgning med udgangspunkt i referencerne i disse artikler (såkaldt kaskadesøgning). I forbindelse med denne søgning blev der fundet et omfattende litteraturreview (Hafezi et al., 2018)⁶.

Boks 2. Litteratursøgning af fagfællebedømte artikler

Søgning i Google Scholar og REX

Søgeord, Niveau 1: Sea Level Rise, Coastal flooding.

Søgeord, Niveau 2: Economic, Cities, Scenarios, Adaption.

Søgeord, Niveau 3: WTP, Hedonic model, Flood risk, Sea-level rise

Søgningerne, som er beskrevet i boksen viser en meget righoldig litteratur. Såfremt der foretages en søgning på "Sea level rise", findes over 263.000 tidsskriftsartikler i REX, og "Sea level rise/Economic" giver over 60.000 fund. Det betyder i praksis, at udarbejdelse af et overblik er umuligt, og derfor er der foretaget en udvælgelse af de nyeste samt umiddelbart mest interessante artikler, som gengives. Generelt findes flere udenlandske studier af økonomiske konsekvenser af havvandsstigninger, men kun ét dansk case-studie dukker op. Der findes en del danske naturvidenskabelige studier.

Desuden er andre "ikke-forskningsfaglige" danske kilder afsøgt ved Google-søgning på "Økonomiske konsekvenser af havvandsstigninger". Her findes referencer til en del kommunale hjemmesider og til Miljø- og Fødevarerministeriet (MFVM) samt en fagrapport af Rambøll for Realdania⁷. Men der er initiativer i gang: DTU deltager sammen med Kystdirektoratet og flere kommuner i projektet COHERENT "... et tværfagligt forsknings- og innovationsprojekt, der udvikler ny viden og løsninger til at integrere katastrofeberedskab og klimatilpasning for en bedre risikohåndtering i kystområder."⁸ IFRO har et projekt om den økonomiske effekt af oversvømmelse fra stormflod, som vil blive hyppigere som følge af havvandsstigning ("Tættere på klimatilpasningens samlede effekter"). Projektet er støttet af blandt andet Realdania. Derudover er der givet en del analyser udarbejdet af eller for kommuner, som indgår som arbejdsdokumenter og derfor ikke findes ved litteratursøgninger (såkaldt "grå litteratur"). Blandt andet har COWI udarbejdet samfundsøkonomiske analyser til en række kommuner til belysning af effekterne ved klimaændringer og havvandsstigninger. Resultaterne indgår i kommunernes beslutningsgrundlag ved planlægning af indsatsen med defensive foranstaltninger mod havvandsstigninger.

⁶ Hafezi et al. 2018. *Creating a Novel Multi-Layered Integrative Climate Change Adaptation Planning Approach Using a Systematic Literature Review*, Sustainability 2018, 10, 4100; doi:10.3390/su10114100

⁷ Udredning om tilpasning til havvandsstigninger – Rapport af Rambøll for Realdania, 2. august 2018. Målet med denne udredning er at kortlægge behov, udviklingspotentialer og barrierer for klimatilpasningen af de danske byer til fremtidens forventede havvandsstigninger og stormfloder. Udredningen er udarbejdet af Rambøll på opdrag af Realdania og skal udgøre en del af vidensgrundlaget for Realdanias fortsatte indsats på området med klimatilpasning.

⁸ <http://www.coherent-project.dk/>

Hovedtemaer og udvalgte resultater fra forskningslitteraturen

På grundlag af gennemgangen af forskningslitteraturen er identificeret fire grupper af analyser. Disse omfatter generelle ligevægtsanalyser (CGE-analyser), partielle økonomiske analyser, samt konsekvens- og risikovurderinger. Hvor de to første har et større eller mindre indhold af økonomiske analyser, indeholder de sidstnævnte ikke egentlige økonomiske vurderinger, men indikerer på anden vis omfanget af de effekter, som havvandsstigninger kan afstedkomme. Idet de forskellige studier omhandler forskellige byer og områder, og dermed også forskellige ændringer i havvandsstigningerne, er det ikke umiddelbart meningsfuldt at sammenligne de kvantitative resultater. Derfor er hovedresultaterne i de fundne studier vist i stikord i boks 3. Sammenfattende indikerer studierne ikke overraskende, at omkostningerne på storby- og landeniveau kan føre til væsentlige reduktioner i BNP (produktionsniveauet), samt at afværgeforanstaltninger kan reducere omkostningerne betydeligt.

Supplerende kan resultaterne fra litteraturreviewet i Hafezi et al. (2018)⁹ opsummeres. I reviewet er 180 studier af relevans for SIDS's (Small Island Developing States) gennemgået med henblik på at foretage et omfattende review vedrørende effekt af klimaændringer; analytiske tilgange og planlægningsværktøjer for klimatilpasning; overordnede politikker og strategier; samt modelværktøjer og metoder af relevans for klimatilpasning (og deraf følgende havvandsstigninger). De finder, at tre dimensioner er centrale for udvikling af klimatilpasningspolitikker, først at der foretages en integreret vurdering, for det andet at konsekvenserne modelleres i et integreret modelsetup, og for det tredje at den konkrete indsats integreres på tværs af politikker, så problemstillingen håndteres holistisk.

Studierne af de samfundsøkonomiske omkostninger tager ofte udgangspunkt i oversvømmelser eller oversvømmelsesrisiko, men er medtaget her ud fra den betragtning, at stigende havspejl vil betyde hyppigere oversvømmelser af de udsatte områder. Analyserne viser, at både nyligt oversvømmede huse og huse beliggende i områder med risiko for oversvømmelse – alt andet lige – har en lavere værdi end huse, der ikke har været oversvømmet eller er i risiko for det. Desuden kan effekten af oversvømmelse ses i prisen flere år efter. Generelt kræver det stor forsigtighed at estimere omkostninger ved oversvømmelse fra havet, da der også er en lang række positive effekter forbundet med at bo tæt på kysten. Disse effekter er tæt korreleret med risikoen for oversvømmelse. Derfor er det lettere at opnå robuste estimater for omkostningerne ved oversvømmelse af huse beliggende længere inde i landet (dvs. uden havudsigt og kort afstand til kysten).

⁹ Hafezi, M. O. Sahin, R.A. Stewart, and B. Mackey. 2018. Creating a Novel Multi-Layered Integrative Climate Change Adaptation Planning Approach using a Systematic Literature Review, *Sustainability*, 2018, 10, 4100; doi:10.3390.

Boks 3. Hovedresultaterne fra litteraturreview af forskningslitteratur

CGE-analyser

- Dynamisk CGE, metode/casestudie, Vancouver, BNB fald på 2-1,2 % relativt til et "no flooding" scenario.
- Dynamisk CGE, metode/casestudie, Vancouver, kystområder i Canada. Havstigninger kan koste i omegnen af 4,6-25,5 milliarder dollars for Canada.
- CGE, metode/case-studie, Po-floden i det nordlige Italien. Oversvømmelse medfører indirekte tab.
- Rummelig CGE, metode/casestudie, rotterdamområdet, Holland. Indirekte effekter af oversvømmelse kan udgøre 15-55 % af de totale skader.
- CGE, metode-/økonomisk analyse af havstandsstigninger og ændringer i turisme på verdensplan. Store forskelle i vindere og tabere.
- Statisk CGE. Uden kystbeskyttelse rammes regioner, der afhænger af landbrug, hårdest. Alternativt med kystsikring finder man BNP-stigninger, især ved brug af diger. Samlet: omkostningerne ved fuld kystbeskyttelse overstiger omkostningerne ved tab af land.
- CGE, metode/25 verdensregioner analyseres. Finder BNP-tab på verdensplan på 0,5 % ved 1,75 meter vandstigning. Derudover findes der store regionale forskelle med Sydøst- samt Sydasien med størst tab (4-12 %)
- Multiregional GE, metode/ GIS-dataanalyse af oversvømmede områder i Kina, BNP-fald på samlet 11 %, og Shanghai, Tianjin og Jiangsu hårdest ramt med 20 % fald i 2050. Kan derudover resultere i interne migrationer og gøre store byer til mellemstore byer.
- CGE-studie for Egypten viser, at uden regeringsstøttede tilpasningsinvesteringer vil BNP falde med 6,5 % (i forhold til baseline) i 2050. Kystsikring og lignende tilpasning kan reducere BNP-tabet til omkring 2,6 % i 2100.

Partielle økonomiske analyser

- Metode baseret på statistik og en simpel katastroferisikovurdering. Case-applikation på København viser betydelig øget risiko for oversvømmelser ved havstigninger. Ingen økonomiske resultater.
- Europæisk CBA-studie viser betydelige gevinster ved implementering af EU's 100-års kystbeskyttelsesmål. Ikke overraskende store forskelle mellem lande.
- Empirisk analyse af ødelæggelser forårsaget af "Sunny-day floods" i Annapolis, Maryland. Reduktion af besøgende på 1,7 % i centrum. Med 3 og 12 inches yderligere vandstandsstigning bliver reduktionerne henholdsvis 3,6 og 24 %.
- Metode baseret på "Real option analysis". En værdifuld kystjernbane i Storbritannien analyseres ud fra opdaterede klimadata. Ingen økonomiske resultater.
- Udbygning af traditionel "flood mapping" med ex. maks. bølgehøjde og flodstrøm. Casestudie af Fleetwood i det nordlige England. Resultater i omkostninger svarende til en faktor 8 i forhold til enkeltstående begivenheder.
- Simple makroøkonomisk model. Økonomiske samt ikke-økonomiske omkostninger analyseres. De økonomiske konsekvenser stiger med varigheden.
- Socioøkonomisk analyse af tysk landskab med fokus på mulige effekter af oversvømmelser. De økonomiske konsekvenser kan blive reduceret ved muligheden for at tilpasse sig forandringerne.
- Konsekvensanalyse af vandstandsstigninger i verdenshavene via FUND-model. Øst- samt Sydasien, Nordamerika og Europa bliver hårdest ramt af vandstandsstigninger.

- Et studie sammenligner salgspriserne på de samme huse i England, før og efter de var oversvømmet. Både oversvømmelse ved kysterne og inde i landet medfører en reduktion på godt 20 % af husprisen, som kan spores op til fire år efter oversvømmelsen.
- Et metastudie undersøger effekten på huspriserne af beliggenhed i et oversvømmelsestruet område. De positive gevinster af beliggenhed tæt ved kysten vanskeliggør et præcist estimat, mens oversvømmelsesrisiko inde i landet medfører en prisseffekt på -4,6 % sammenlignet med huse uden risiko for oversvømmelse.

Konsekvens- og risikovurderinger

- Via fem vandstigningsscenarier beregnes der et risikoindeks for hele USA's kystlinje. Det resulterer i et nationalt kort over de største potentialer i kystsikring.
- Analyse af undladte elementer i traditionelle direkte omkostningsanalyser. Finder 36 % forskel i globale direkte omkostninger ved medberegning af fx global handel.
- Litteraturstudie af 116 studier identificerer tre vigtige dimensioner af fuldt integrerede klimatilpasningsprocesser; integration i vurderinger, integration i modelleringen samt integration af svar. Tilsammen resulterer det i en bedre model.
- Studie, der gennemgår fem forskellige metoder og modeltyper. Udvikler et framework til fremtidig brug ved udarbejdelse/forståelse af modeller.
- Baseret på empiriske casestudier. Der udarbejdes et analytisk framework til hjælp af analyse af lokal social kapital til bekæmpelse af klimaforandringer.
- Studie, der forsøger at integrere forholdet imellem variable ved "udviklende" modeller. Finder, at det bliver væsentligt mere komplekst at arbejde med.
- Systematisk integreret tilgang til risikoreduktion af hedebølger, oversvømmelse og forurening. Ingen økonomiske resultater men finder, at de mest favorable alternativer er; kompakte "halvhøje" bygninger i lyse farver med parker og grønne arealer med træer nær bygningerne.
- Casestudie af New York ser på forskellen mellem benyttelse af diger og "adaptation" i forhold til stigende vandstand. Derudover undersøges det også, hvis ikke der gøres noget, og at stoppe det stigende vandstandsproblem helt. Ingen resultater.
- "Good governance"-analyse af kysttrisci. Sydøst Queensland i Australien. Foreslår forbedringer af kystplanlægning.
- Geologiske observationer i den mexicanske golf: Vandstandsniveau steg 6-8 meter i sidste mellemistid samt faldt 130 meter ved sidste istid. Projekteret til at stige med 0,5-2 meter i 2100 og op til 8 meter derefter.
- Integreret hydrodynamisk og økonomisk model. Casestudie af arealer tilbøjelige til oversvømmelse i Holland. Omkostningerne varierer fra område til område. Ingen økonomiske resultater.
- Casestudie af Canada, interview med repræsentanter fra forsikringsbranchen. Oversvømmelsesforsikringer bliver udvidet.
- Studie af tilpasning ved forhøjet vandstand. Finder, at tilpasning til vandstands niveau kan reducere potentielle indvirkninger med faktor 10-100.
- Casestudie af Shanghai i Kina. Analyse af socialøkonomisk udvikling på baggrund af stigende vandstand via "a Source-Pathway-Receptor-Consequence (SPRC) conceptual model". Resultaterne viser, at i 2030 er 99,3 % af arealet ikke i fare. I 2050 er 23,9 % i overhængende fare. I 2100 er 30,7 % i overhængende fare.

Ikke-videnskabelige danske studier

Styring og finansiering af klimainitiativer, der forebygger konsekvenserne ved klimaforandringerne, er i Danmark decentralt forankret i kommunerne og forsyningsselskaberne igennem klimatilpasningsplanerne. I dette afsnit ses på udvalgte økonomiske analyser, som er udarbejdet som led i beslutningsgrundlaget herfor. Der er ikke tale om forskningsvidenskabelige studier, men analyser, som har et politisk/administrativt formål; såkaldt "grå" litteratur.

Ses generelt på brugen af anvendelsen af i beslutninger vedrørende havvandsstigninger, viser analyse fra Rambøll (2015), at man i Danmark iblandt beslutningstagere har højere kapacitet til at tage hensyn til vandstandsstigninger ind i beslutningsprocessen end i det øvrige Europa. 21 procent mener således, at de helt konkret inddrager fremtidige klimaudfordringer i nutidige beslutninger. Klimatilpasningsplanerne viser samtidig, at kommunerne bruger forskellig værdisætningsmetodik til at prioritere indsatsen mod oversvømmelse. Grundlæggende baserer kommunerne deres klimasikring på områder med risici for oversvømmelse af værdier jf. Miljøstyrelsen (2017). De økonomiske overvejelser er gennemgående baseret på en lineær ekstrapolering fra enhedsomkostninger multipliceret med sandsynligheden for oversvømmelse, men sammensætningen af disse omkostninger og inddragelse af ikke-markedsomsatte forbrugsgoder (dvs. udarbejdelse af samfundsøkonomiske analyser) varierer betydeligt.

I Københavns Kommune viser en budgetøkonomisk analyse, at ved det mest sandsynlige klimascenarie kan der forventes et tab på 11,9 milliarder kroner i forbindelse med havstigningerne i perioden 1990-2100. Det vises endvidere, at 97,5 procent af disse skader kan undgås ved en investering på 7,6 milliarder kroner. Det fremgår, at der er områder i København, hvor en klimabeskyttelse ikke er samfundsøkonomisk hensigtsmæssig (COWI, 2017). Det fremgår, at de produktionsfaktorer og forbrugsgoder, der indgik i analysen for Københavns Kommune, omfattede skader eller ændringer i trafikken på hovedveje, vejbrud, stueetager, kældre, transformatorstationer, elsvigt for private og erhverv på over 5 timer, produktionstab og løsøre for erhverv, kloakker samt skader på metro, jernbane, lufthavn og broer (COWI, 2016). Det fremgår desuden fra Københavns Kommunes klimatilpasningsplan, at man vurderer risici til at være *lave*, hvis omkostningen beregnet som sandsynligheden for en begivenhed ganget med skadesomkostningen er under ca. 90 kr./år pr. indbygger, *mellem*, hvis den er imellem 90-272 kr./år pr. indbygger om året, og *høje*, hvis omkostningen er herover (Københavns Kommune, 2011).

I Aarhus Kommune er ligeledes anlagt en samfundsøkonomisk betragtning, hvori de potentielle skadesomkostninger inddrages, men her suppleres med en række områder, der er af "særlig vigtighed" for kommunen. Disse områder udløser en høj prioritet af området uanset skadesomkostninger. Det gælder for beredskab, kommunale ejendomme med vitale funktioner, kritisk vejnet, beskyttet natur, drikkevandsforsyning, spildevandstekniske anlæg, varmemforsyning, kulturarv og miljøskade (Aarhus Kommune, 2014, p. 27). I Odense Kommune er det valgt at definere nogle immaterielle værdier eller afledte effekter af oversvømmelse, som ikke er direkte inkluderet i enhedsomkostningerne. Disse effekter er derefter prioriteret (øjensynligt fra politisk hold) og værdisat på en diskret skala som i en multikriterie-analyse. Eksempelvis scorer hospitaler 10, kirker 9, jernbane spor 5 og habitatområder lavest med 1 point. (Odense Kommune, 2014). I Aalborg Kommune er på tilsvarende vis lavet en kvalitativ vurdering af naturkvaliteten, som indgår i værdisætningsgrundlaget for prioriteten for indsatsområdet (Aalborg Kommune, 2013a, 2013b).

Det er bemærkelsesværdigt, at der ikke centralt er anlagt en mere ensartet metode for opgørelse af samfundsøkonomiske konsekvenser i klimatilpasningsplanerne, som det ellers anbefales i Finansministeriets vejledning i samfundsøkonomisk analyse, da de divergerende metoder i nogen udstrækning både kan føre til uensartede prioriteringsmetoder og manglende mulighed for sammenligning på tværs af kommuner. Desuden savnes følsomhedsanalyser af de centrale faktorer.

Referencer – international forskning

- Albert, S.; Abernethy, K.; Gibbes, B.; Grinham, A.; Tooler, N.; Aswani, S. (2013). *Cost-effective Methods for Accurate Determination of Sea Level Rise Vulnerability: A Solomon Islands Example*. Weather Clim. Soc. 5, 285-292.
- Anthoff, D., R. J. Nicolls, and R. S. J. Tol. (2010). *The economic impact of substantial sea-level rise*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 15: 321-335.
- Arkema, Katie K., Greg Guannel, Gregory Verutes, Spencer A. Wood, Anne Guerry, Mary Ruckelshaus, Peter Kareiva, Martin Lacayo, and Jessica M. Silver. (2013). *Coastal habitats shield people and property from sea-level rise and storms*. Nature Climate Change 3: 913-918
- Beltrán, A., Maddison, D. and Elliot, R. J. R. (2018). *Is flood Risk Capitalised Into Property Values? Ecological Economics*. 146: 668-685.
- Beltrán, A., Maddison, D. and Elliot, R. (2019). *The impact of flooding on property prices: A repeat-sales approach*. Journal of Environmental Economics and Management. 95: 62-86.
- Bigano, A., B. Francesco, R. Roson, and R. S. J. Tol. (2008). *Economy-wide impacts of climate change: a joint analysis for sea level rise and tourism*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 13: 765-791.
- Bosello, F., R. Roson, and R. S. J. Tol. (2007). *Economy-wide Estimates of the Implications of Climate Change: Sea Level Rise*. Environmental & Resource Economics 37: 549-571.
- Carrera, L., Standardi, G., Bosello, F., & Mysiak, J. (2015). *Assessing direct and indirect economic impacts of a flood event through the integration of spatial and computable general equilibrium modelling*. Environmental Modelling & Software, 63, 109-122.
- Costa, L., Tekken, V., and Kropp, J., 2009. *Threat of sea level rise: Costs and benefits of adaptation in European Union coastal countries*. Journal of Coastal Research, SI 56 (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium), 223 - 227. Lisbon, Portugal, ISSN 0749-0258
- Darwin, R. F., and R. S. J. Tol. (2001). *Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise*. Environmental & Resource Economics 19: 113-129.
- Davies, J. B. (2016). *Economic analysis of the costs of flooding*. Canadian Water Resources Journal, 41(1-2), 204-219.
- Dawson et al. 2018. *The Economic Value of Climate Information in Adaptation Decisions: Learning in the Sea-level Rise and Coastal Infrastructure Context*. Ecological Economics 150 (2018) 1–10
- Elshennawy, A.; Robinson, S.; Willenbockel, D. (2016). *Climate change and economic growth: An intertemporal general equilibrium analysis for Egypt*. Economic Modelling, 52, 681-689.
- Finansministeriet. (2017). *Vejledning i Samfundsøkonomiske Konsekvensvurderinger*.
- Gertz et. al. 2019. *A CGE Framework for Modeling the Economics of Flooding and Recovery in a Major Urban Area*. Risk Analysis, Vol. 39, No. 6, 2019.
- Hafezi et al. (2018). *Creating a Novel Multi-Layered Integrative Climate Change Adaptation Planning Approach using a Systematic Literature Review*. Sustainability 2018, 10, 4100; doi:10.3390/su10114100

- Hallegatte et al. 2011. *Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: a case study on Copenhagen*. Climatic Change (2011) 104:113–137
- Hino et al., *High-tide flooding disrupts local economic activity*. Sci. Adv. 2019;5: eaau2736.
- Jacob. 2015. *Sea level rise, storm risk, denial, and the future of coastal cities*. Bulletin of the Atomic Scientists 2015, Vol. 71(5) 40–50
- Jonkhoff, W. (2009). In V.C. Elliott (Ed.), *Flood Risk Assessment and Policy in the Netherlands, In Green cities: New approaches to confronting climate change*, Paper presented at an OECD Workshop, Las Palmas de Gran Canaria, Spain, pp. 220-240.
- Jonkman, S. N., Bockrjova, M., Kok, M., & Bernardini, P. (2008). *Integrated hydrodynamic and economic modelling of flood damage in the Netherlands*. Ecological Economics, 66(1), 77-90.
- Kelly, R.A.; Jakeman, A.J.; Barreteau, O.; Borsuk, M.E.; Elsayah, S.; Hamilton, S.H.; Henriksen, H.J.; Kuikka, S.; Maier, H.R.; Rizzoli, A.E.; van Delden, H.; Voinev, A.A.(2013). *Selecting among five common modelling approaches for integrated environmental assessment and management*. Environ. Model. Softw. 47, 159-181.
- Knogge. 2004. *Landscape-scale socio-economics of sea-level rise*. Ibis (2004), 146 (Suppl.1), 11–17
- Kron, W., Steuer, M., Löw, P., & Wirtz, A. (2012). *How to deal properly with a natural catastrophe database – analysis of flood losses*. Natural Hazards and Earth System Sciences 12: 535-550
- Maier, H.; Guillaume, J.; Van Delden, H.; Riddell, G.; Haasnoot, M.; Kwakkel, J. (2016). *An uncertain future, deep uncertainty, scenarios, robustness and adaptation: How do they fit together?* Environ. Model. Softw. 81, 154-164.
- Møller F., Strandmark L. & S. Krarup (2009): *Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter*. Miljøministeriet.
- P. Withey, V. A. Lantz & T. O. Ochuodho . (2016). *Economic costs and impacts of climate-induced sea-level rise and storm surge in Canadian coastal provinces: a CGE approach*. Applied Economics, 48:1, 59-71, DOI: 10.1080/00036846.2015.1073843.
- Petzold, J.; Ratter, B.M.W. (2015). *Climate change adaptation under a social capital approach – An analytical framework for small islands*. Ocean Coast. Manag. 112, 36-43.
- Prime T, Brown JM, Plater, AJ, 2015. *Physical and Economic Impacts of Sea-Level Rise and Low Probability Flooding Events on Coastal Communities*. PLoS ONE 10(2): e0117030. doi:10.1371/journal.pone.0117030
- Pycroft, J., Abrell, J., & Ciscar, J. C. (2016). *The Global Impacts of Extreme Sea-Level Rise: A Comprehensive Economic Assessment*. Environmental and Resource Economics, 64(2), 225-253.
- Q. Cui et al. 2018. *Effects of sea level rise on economic development and regional disparity in China*. Journal of Cleaner Production 176 (2018) 1245e1253
- Sabiha Zafrin & Johanna Rosier. 2017. *Role of the State in coastal governance and effective planning for effects of climate change: Queensland, Australia*. Australian Journal of Maritime & Ocean Affairs, 9:2, 81-94, DOI: 10.1080/18366503.2017.1278502.

- Schou, J.S., J. Jensen & B.J. Thorsen (red.). 2018. *Sæt pris på naturen*. Institut for Fødevare- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. ISBN: 978-87-92591-87-6.
- Thistlethwaite, J. (2017). *The Emergence of Flood Insurance in Canada: Navigating Institutional Uncertainty*. Risk Analysis, 37(4), 744-755.
- Tol, R. S. J. (2007). *The double trade-off between adaptation and mitigation for sea level rise: an application of FUND*. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change 12: 741-753.
- Voinov, A.; Shugart, H.H.(2013). *'Integronsters', integral and integrated modelling*. Environ. Model. Softw. 39, 149-158.
- Williams, S.J., 2013. *Understanding and Predicting Change in the Coastal Ecosystems of the Northern Gulf of Mexico*, Journal of Coastal Research. In: Brock, J.C.; Barras, J.A., and Williams, S.J. (eds.), Special Issue No. 63, pp. 184–196, Coconut Creek (Florida), ISSN 0749-0208. Sea-level rise implications for coastal regions.
- Y. Andersson-Sköld et al. 2015. *An integrated method for assessing climate-related risks and adaptation alternatives in urban areas*. Climate Risk Management 7 (2015) 31–50
- Yan, B.; Li, S.; Wang, J.; Ge, Z.; Zhang, L. (2016). *Socio-economic vulnerability of the megacity of Shanghai (China) to sea-level rise and associated storm surges*. Reg. Environ. Chang. 16, 1443-1456.

Referencer – danske ”grå” studier

- Aalborg Kommune (2013a): *Klimatilpasningsplan*, available at:
http://www.aalborgkommuneplan.dk/planredegoerelse/hele/r_h029.aspx (accessed 27 August 2019).
- Aalborg Kommune (2013b): *RISIKOKORTLÆGNING I AALBORG KOMMUNE*, available at:
<http://apps.aalborgkommune.dk/images/teknisk/PLANBYG/KOMPLAN/00/Risikokortdok.pdf>.
- Aarhus Kommune (2014): *KLIMATILPASNINGSPLAN 2014-TILPASNING TIL MERE VAND*, available at:
<https://aarhus.dk/media/12021/klimatilpasningsplan-2014-2.pdf>.
- COWI (2016): *Designgrundlag for Beskyttelse Mod Oversvømmelse Af København*, available at:
https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/pdf/1575_hpDsf1uaA2.pdf.
- COWI (2017): *OPDATERET OVERSLAG FOR SIKRING AF KØBENHAVN MOD STORMFLOD*, available at:
<https://www.kk.dk/sites/default/files/edoc/7932be34-6e51-450a-bc4f-fa2c2b00c1b3/c72e0cf7-3b8f-461a-bf35-536e7e239267/Attachments/18050528-23336327-1.PDF>.
- Københavns Kommune (2011): *Københavns Klimatilpasningsplan*, available at:
http://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/index.asp?mode=detalje&id=1270.
- Miljøministeriet (2013): *Klimatilpasningsplaner Og Klimalokalplaner - Vejledning*, available at:
www.klimatilpasning.dk (accessed 28 August 2019).
- Miljøstyrelsen (2017): *Evaluering af kommunal klimatilpasning*, available at:
<https://www.klimatilpasning.dk/media/1174683/evalueringsrapport.pdf>.
- Odense Kommune (2014): *Baggrundsrapport Til Kommuneplantillæg Nr. 1*, available at:
http://soap.plansystem.dk/pdfarchive/11_1426407_APPROVED_1372934588105.pdf.
- Rambøll (2015): *UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER*, København S.